

中華民國經濟部智慧財產局

INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE  
MINISTRY OF ECONOMIC AFFAIRS  
REPUBLIC OF CHINA

茲證明所附文件，係本局存檔中原申請案的副本，正確無訛，  
其申請資料如下：

This is to certify that annexed is a true copy from the records of this  
office of the application as originally filed which is identified hereunder:

申請日：西元 2003 年 03 月 28 日  
Application Date

申請案號：092107143  
Application No.

申請人：國聯光電科技股份有限公司  
Applicant(s)

局長  
Director General

蔡練生

發文日期：西元 2004 年 1 月 12 日  
Issue Date

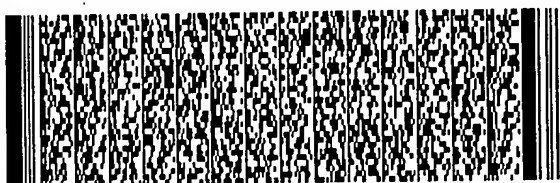
發文字號：09320040620  
Serial No.

申請日期：	IPC分類
申請案號：	

(以上各欄由本局填註)

# 發明專利說明書

一、 發明名稱	中文	一種半導體化合物之光電元件裝置
	英文	
二、 發明人 (共4人)	姓名 (中文)	1. 蔡宗良 2. 楊永全 3. 張智松
	姓名 (英文)	1. 2. 3.
	國籍 (中英文)	1. 中華民國 TW 2. 中華民國 TW 3. 中華民國 TW
	住居所 (中文)	1. 新竹市高翠路160巷130號3樓 2. 台中縣梧棲鎮建國北街187巷86號 3. 新竹市明湖路400巷51弄1號
	住居所 (英文)	1. 2. 3.
三、 申請人 (共1人)	名稱或 姓名 (中文)	1. 國聯光電科技股份有限公司
	名稱或 姓名 (英文)	1. UNITED EPITAXY COMPANY, LTD.
	國籍 (中英文)	1. 中華民國 TW
	住居所 (營業所) (中文)	1. 新竹市科學工業園區力行路10號9樓 (本地址與前向貴局申請者不同)
	住居所 (營業所) (英文)	1.
	代表人 (中文)	1. 黃國欣
	代表人 (英文)	1. KUO-HSIN, HUANG



申請日期：	IPC分類
申請案號：	

(以上各欄由本局填註)

## 發明專利說明書

一、 發明名稱	中文	
	英文	
二、 發明人 (共4人)	姓名 (中文)	4. 陳澤澎
	姓名 (英文)	4.
	國籍 (中英文)	4. 中華民國 TW
	住居所 (中文)	4. 新竹市竹村七路2-3號6樓
	住居所 (英文)	4.
三、 申請人 (共1人)	名稱或 姓名 (中文)	
	名稱或 姓名 (英文)	
	國籍 (中英文)	
	住居所 (營業所) (中文)	
	住居所 (營業所) (英文)	
	代表人 (中文)	
	代表人 (英文)	



四、中文發明摘要 (發明名稱：一種半導體化合物之光電元件裝置)

本發明係關於一種半導體化合物之光電元件裝置，其中該發光二極體裝置之各層自下而上分別包括：一個單晶結構基板、一個緩衝層、一個下覆蓋層、一個作用層、一個上包覆層與一個上擴散層，並且，包括：至少一個 V-型缺陷 (V-shaped defect)，該 V-型缺陷 (V-shaped defect) 係指一種裂縫，該裂縫的位置係介於該下覆蓋層、該作用層、該上包覆層 (cladding layer) 與該上擴散層間，及一種絕緣性填充物，該填充物係充滿該 V-型缺陷 (V-shaped defect)。

五、(一)、本案代表圖為：第 二 圖

(二)、本案代表圖之元件代表符號簡單說明：

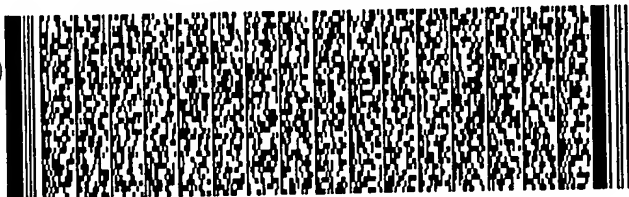
200 單晶結構基板

202 緩衝層

204 下覆蓋層

206 作用層

六、英文發明摘要 (發明名稱：)



四、中文發明摘要 (發明名稱：一種半導體化合物之光電元件裝置)

208 上包覆層 (cladding layer)

210 上擴散層

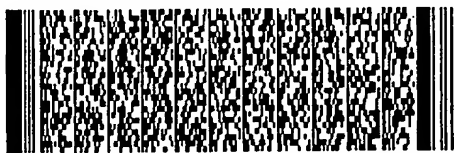
220 V-型缺陷 (V-shaped defect)

230 p型電極層

240 n型電極層

250 透明導電層 (transparent conducting layer, TCL)

六、英文發明摘要 (發明名稱：)



一、本案已向

國家(地區)申請專利

申請日期

案號

主張專利法第二十四條第一項優先權

無

二、☐主張專利法第二十五條之一第一項優先權：

申請案號：

無

日期：

三、主張本案係符合專利法第二十條第一項☐第一款但書或☐第二款但書規定之期間

日期：

四、☐有關微生物已寄存於國外：

寄存國家：

寄存機構：

寄存日期：

寄存號碼：

無

☐有關微生物已寄存於國內(本局所指定之寄存機構)：

寄存機構：

寄存日期：

寄存號碼：

無

☐熟習該項技術者易於獲得，不須寄存。



## 五、發明說明 (1)

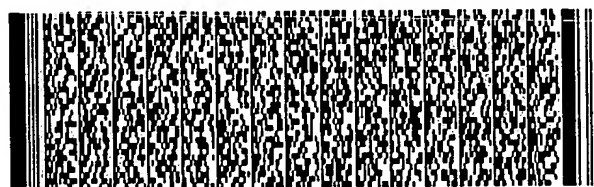
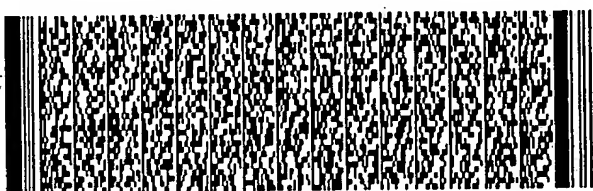
### 【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種半導體化合物之光電元件裝置，尤指一種包括至少一個充滿填充物的 V-型缺陷 (V-shaped defect) 之光電元件裝置。

### 【先前技術】

習知技藝目前正廣泛應用於氮化鎵及相關化合物，以製成短波長發光元件，特別是短波長半導體雷射元件。這種短波長半導體雷射元件係層層疊放單晶層上去，例如  $(Al_x Ga_{1-x})In_yN$  ( $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$ ) 於一塊基板上。長這種單晶層常用金屬有機化學氣相沉積法，通入氣體包含三甲基鎵為材料之三價族前驅物，與氨氣為材料之五價族前驅物，於反應器中沉積化合物於一塊基板上。這種多層次結構係包含藉由改變注入反應器之前驅物其比例不同，而得之化合物，該化合物係長在一塊基板上。

若此等沉積化合物有許多穿透缺陷，其發光效率將受影響。這種缺陷叫線差排，其發生係沿晶體層之成長方向線性延伸。因一個線差排會當成一個載子於非發光衰變之中心，此等中心之增加會降低發光效率。這種線差排發生的原因是製作過程中，因為晶格常數 (lattice constant) 不同，所引起的內部應力 (stress)，為了釋放這種應力 (stress)，會從相關各層產生大小不均的直向裂縫。除此，元件於操作



## 五、發明說明 (2)

時，電流易經由這種線差排會造成元件在電特性上有漏電現象及抗靜電等問題。為降低此等問題，一般採取類似晶體結構、晶格常數、熱擴散係數之基板材料製作氮化鎵為基礎之各層，其中"兩步驟成長方法"之第一步係於低溫約攝氏400到600度時，成長以氮化鋁為緩衝層在藍寶石基板，第二步係形成一個氮化鎵單晶層於低溫緩衝層，但其不能避免線差排缺陷。

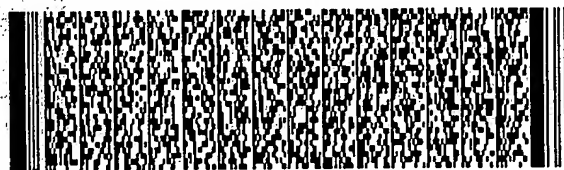
### 【發明內容】

關於本發明一種半導體化合物之光電元件裝置的第一個目的，係使至少一個V-型缺陷(V-shaped defect)被絕緣性填充物所充滿，該V-型缺陷(V-shaped defect)指一種裂縫，這種裂縫發生的原因是製作過程中，因為晶格常數(lattice constant)不同，所引起的內部應力(stress)，為了釋放這種應力(stress)，會從相關各層產生大小不均的直向裂縫。

本發明一種半導體化合物之光電元件裝置的第二個目的，係使絕緣性填充物充滿V-型缺陷後，能改善光電元件裝置的機械特性。

本發明一種半導體化合物之光電元件裝置的第三個目的，係使絕緣性填充物充滿V-型缺陷後，能改善光電元件裝置的光學特性。

本發明一種半導體化合物之光電元件裝置的第四個目的，係使絕緣性填充物充滿V-型缺陷後，能改善光電元件裝





### 五、發明說明 (3)

置的電特性。

為使審查委員清楚了解本發明之詳細流程及技術內容，本發明人將以發光二極體裝置為例，配合以下之較佳實施例、圖式及詳細之解說，以求審查委員清楚了解本發明之精神所在。

#### 【實施方式】

第一圖係依據習知半導體化合物之發光二極體裝置的結構圖。習知半導體化合物之發光二極體裝置之各層自下而上分別包括：

一個基板 100、一個緩衝層 102、一個下覆蓋層 104、一個作用層 106、一個上包覆層 (cladding layer) 108 與一個上擴散層 110。並且，習知半導體化合物之發光二極體裝置包括：至少一個 V-型缺陷 (V-shaped defect) 120，該 V-型缺陷 (V-shaped defect) 120 係指一種裂縫，裂縫位置介於下覆蓋層 104、作用層 106、上包覆層 (cladding layer) 108 與上擴散層 110 間，這種裂縫發生的原因是因為晶格常數 (lattice constant) 不同，所引起的內部應力 (stress)，為了釋放這種應力 (stress)，會從下覆蓋層 104、作用層 106、上包覆層 (cladding layer) 108 與上擴散層 110 間產生大小不均的裂縫。第二圖係依據本發明第一實施例與第二實施例半導體化合物之發光二極體裝置的結構剖面圖。本發明半導體化合物之發光二極體裝置之各層自下而上分別包括：



#### 五、發明說明 (4)

一個基板 200、一個緩衝層 202、一個下覆蓋層 204、一個作用層 206、一個上包覆層 (cladding layer) 208 與一個上擴散層 210。

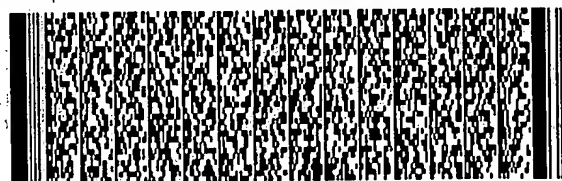
並且，包括：

至少一個 V-型缺陷 (V-shaped defect) 220，V-型缺陷 (V-shaped defect) 220 係指一種裂縫，裂縫位置介於下覆蓋層 204、作用層 206、上包覆層 (cladding layer) 208 與上擴散層 210 間。及

一種絕緣性填充物，這種填充物係充滿 V-型缺陷 (V-shaped defect) 220。

上述各層與填充物的解說將於本文以下，更清楚地指明。

作用層 206 包含一種多層量子井 (multiple quantum well, MQW) 的結構，這種多層量子井 (MQW) 的井層數係被決定，俾使多重量子井層能展現，較高於包括單一井層在內的多重量子井層之外部量子效率。至於判定多重量子井的層數，是以使能展現最佳的外部量子效率而定。一般而言，井層數在 5 至 12 之間可得到不錯的效果。依據本發明第一實施例與第二實施例半導體化合物之發光二極體裝置，這種多重量子井的層數於 11 時為最佳。這種多重量子井層可以包括鎵銦型材質層，以及含括氮在內的第三族與第五族之化合物半導體層。依據本發明第一實施例與第二實施例半導體化合物之發光二極體裝置，此鎵銦型材質可為氮化鎵銦 (InGaN)，此化合物半導體可為氮化鎵 (GaN)。



#### 五、發明說明 (5)

依據本發明第一實施例與第二實施例半導體化合物之發光二極體裝置，基板 200 為氧化鋁 ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 材料。

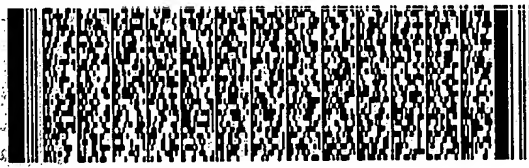
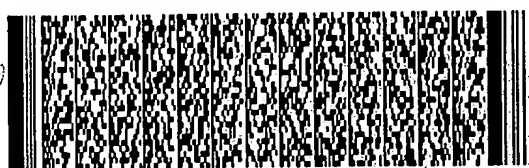
緩衝層 202 包括含氮在內的第三族與第五族之化合物半導體層。依據本發明第一實施例與第二實施例半導體化合物之發光二極體裝置，這種化合物半導體層可為氮化鎵 ( $\text{GaN}$ ) 材料。緩衝層 202 的厚度為 200 至 400 埃。依據本發明第一實施例與第二實施例半導體化合物之發光二極體裝置，緩衝層 202 的厚度為 250 埃。

下覆蓋層 204 包含一種 n-型氮化鎵 ( $\text{n-GaN}$ ) 材料。在 n-型氮化鎵 ( $\text{GaN}$ ) 材料可雜矽 ( $\text{Si}$ ) 材料。下覆蓋層 204 的厚度係 2 至 4 微米 ( $\mu\text{m}$ )。依據本發明第一實施例與第二實施例半導體化合物之發光二極體裝置，下覆蓋層 204 的厚度係 3 微米 ( $\mu\text{m}$ )。

上包覆層 208 包含一種 p-型氮化鎵鋁 ( $\text{p-AlGaN}$ ) 材料。p-型氮化鎵鋁 ( $\text{p-AlGaN}$ ) 材料可雜鎂 ( $\text{Mg}$ ) 材料。上包覆層 208 的厚度係 25 至 35 奈米 ( $\text{nm}$ )。依據本發明第一實施例與第二實施例半導體化合物之發光二極體裝置，上包覆層 208 的厚度係 30 奈米 ( $\text{nm}$ )。

上擴散層 210 包含一種 p-型氮化鎵 ( $\text{p-GaN}$ ) 材料。p-型氮化鎵 ( $\text{p-GaN}$ ) 材料可雜鎂 ( $\text{Mg}$ ) 材料。上擴散層 210 的厚度係 0.05 至 0.15 微米 ( $\mu\text{m}$ )。依據本發明第一實施例與第二實施例半導體化合物之發光二極體裝置，上擴散層 210 的厚度係 0.1 微米 ( $\mu\text{m}$ )。

充滿 V-型缺陷 ( $\text{V-shaped defect}$ ) 220 的絕緣性填充物可為一種有機材料。依據本發明一種半導體化合物之發光二極體



#### 五、發明說明 (6)

裝置的第一實施例，這種有機材料包括聚醯亞胺 (polyimide)、環氧樹脂 (epoxy) 且 / 或一苯環丁烯 (Benzocyclobutene, BCB) 等等。依據本發明一種半導體化合物之發光二極體裝置的第二實施例，這種絕緣性填充物可為一種無機材料，這種無機材料可為二氧化矽 ( $\text{SiO}_2$ )、氮化矽 (silicon nitride) ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )、 $\text{TiN}$ 、 $\text{AlN}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{CaF}_2$ 、 $\text{ZnS}$  或是  $\text{SiC}$  等等。

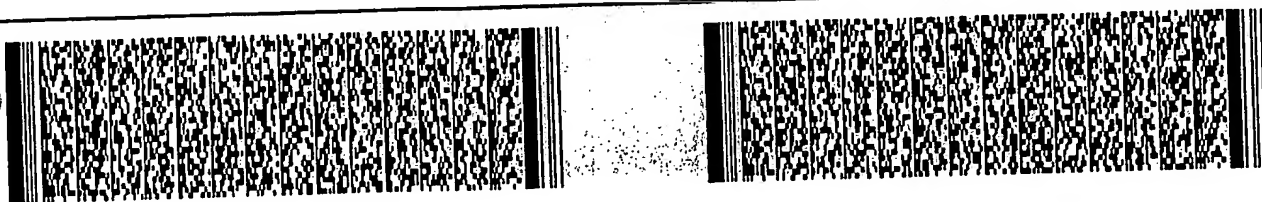
第三圖係依據本發明第一實施例與第二實施例半導體化合物之發光二極體裝置的結構俯視圖。

絕緣性填充物於充滿 V-型缺陷 (V-shaped defect) 220 後，可進一步地，製作 p 型電極層 230 與 n 型電極層 240，另外，也可製作一個透明導電層 (transparent conducting layer, TCL) 250。

p 型電極層 230 形成於上擴散層 210 上的部份表面。依據本發明一種半導體化合物之發光二極體裝置的第一實施例與第二實施例，p 型電極層 230 的材料可為金屬金 (Au) 與金屬鎳 (Ni) 的合金。

n 型電極層 240 形成於下覆蓋層 204 上的部份表面。依據本發明一種半導體化合物之發光二極體裝置的第一實施例與第二實施例，n 型電極層 204 的材料可為金屬鈦 (Ti) 與金屬鋁 (Al)。

透明導電層 (transparent conducting layer, TCL) 250 形成於上擴散層 210 上的部份表面。依據本發明一種半導體化合物之發光二極體裝置的第一實施例與第二實施例，透明導電



#### 五、發明說明 (7)

層 (transparent conducting layer, TCL) 250 的材料係金屬金 (Au) 與金屬鎳 (Ni)。

#### 【第一實施例的製作】

第五圖係製作本發明一種半導體化合物之發光二極體裝置的第一實施例。

關於製作本發明一種半導體化合物之發光二極體裝置的第一實施例，其作法如下所述：

將磊晶用氧化鋁基板 200 置於一個反應器中，在攝氏 1150 度溫度下，通入氫氣清洗晶片歷時 10 分鐘，接著，將基板降溫到攝氏 570 度，通入  $45\mu\text{mol/min}$  的三甲基鎵 (trimethyl gallium, TMGa) 及每分鐘 3 公升的氨氣 ( $\text{NH}_3$ )，成長 250 埃氮化鎵 (GaN) 材料的緩衝層 202。再升溫至攝氏 1130 度，通入  $52\mu\text{mol/min}$  的三甲基鎵 (trimethyl gallium, TMGa) 及每分鐘 3.5 公升的氨氣 ( $\text{NH}_3$ )，導入 100 ppm 的矽化氫 ( $\text{SiH}_4$ )，成長約 3 微米 ( $\mu\text{m}$ ) n-型氮化鎵 (n-GaN) 材料的下覆蓋層 204。

接著將溫度降至攝氏 850 度，通入  $30\mu\text{mol/min}$  的三甲基鎵 (trimethyl gallium, TMGa)、三甲基銦 (trimethyl indium, TMI) 以及每分鐘 3.5 公升的氨氣 ( $\text{NH}_3$ )，成長 11 對 InGaN/GaN 多層量子井結構發光區域之作用層 206。然後，再將基板 200 升溫至攝氏 1100 度，通入  $42\mu\text{mol/min}$  的三甲基鎵 (trimethyl gallium, TMGa)， $20\mu\text{mol/min}$  的三甲基鋁 (TMAI)，每分鐘 3.5 公升的氨氣 ( $\text{NH}_3$ ) 以及  $52\text{nmol/min}$  的

#### 五、發明說明 (8)

二環戊二烯基鎂 (dicyclopentadienyl magnesium, DCpMg) 成長約 30 奈米 (nm) p-型氮化鎵鋁 (p-AlGaIn) 材料的上包覆層 208。

再將基板 200 溫度升到攝氏 1130 度，導入  $52 \mu \text{mol/min}$  的三甲基鎵 (trimethyl gallium, TMGa)、每分鐘 3.5 公升的氮氣 ( $\text{NH}_3$ ) 以及  $52 \text{ nmol/min}$  的二環戊二烯基鎂 (dicyclopentadienyl magnesium, DCpMg)，成長約 0.1 微米 ( $\mu \text{m}$ ) 的 p-型氮化鎵 (p-GaN) 材料上擴散層 210。如此，完成一個基本的發光二極體磊晶元件結構。

這種發光二極體晶片表面佈滿許多因穿透位錯 (threading dislocation) 所產生的 V-型缺陷 (V-shaped defect)，如第四圖顯示穿透式電子顯微鏡 (transmission electron microscopy, TEM) 圖係 V-型缺陷 (V-shaped defect) 發生的剖面圖。

本發明一種半導體化合物之發光二極體裝置，將聚醯亞胺 (polyimide)、環氧樹脂 (epoxy) 且 / 或 苯環丁烯 (Benzocyclobutene, BCB) 等絕緣性有機材料 510，均勻地塗布在 p-型氮化鎵 (p-GaN) 材料上擴散層 210 的表面。由於這類的有機材料具有流動性，可以從表面有效完全地填滿 V-型缺陷 (V-shaped defect)，再經過熱處理，使這些有機材料 510 硬化。之後再以研磨、化學侵蝕法或乾式蝕刻法，將覆蓋在 p-型氮化鎵 (p-GaN) 材料上擴散層 210 表面的有機材料去除，裸露出 p-型氮化鎵 (p-GaN) 材料上擴散層 210 表面，此時所有表面的 V-型缺陷 (V-shaped defect) 均被這種絕緣性有機材料 510



## 五、發明說明 (9)

所填蓋。

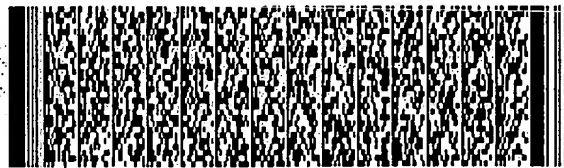
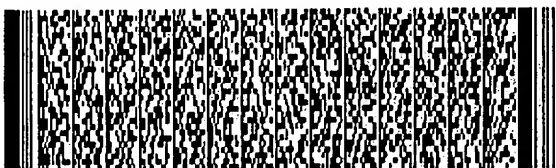
完成後，將此發光二極體晶片以乾式蝕刻部份暴露出 n-型氮化鎵 (n-GaN) 材料下覆蓋層 204。在 p-型氮化鎵 (p-GaN) 材料上擴散層 210 表面鍍上透明導電層 (transparent conducting layer, TCL) 250，接著進行 n 型電極層 240 與 p 型電極層 230 之蒸鍍，完成此發光二極體之製作。

### 【第二實施例的製作】

第六圖係製作本發明一種半導體化合物之發光二極體裝置的第二實施例。

關於製作本發明一種半導體化合物之發光二極體裝置的第二實施例，其作法如下所述：

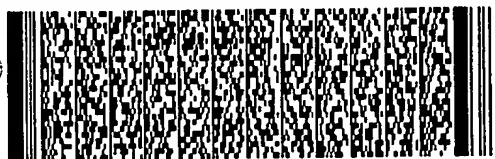
依第一實施例製作的完成一個基本的發光二極體磊晶元件結構。這種發光二極體磊晶元件結構表面佈滿許多因穿透位錯所生的 V-型缺陷 220。在 p-型氮化鎵 (p-GaN) 材料上擴散層 210 表面蒸鍍氮化矽 ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) 無機材料 520，使氮化矽材料完全覆蓋 p-型氮化鎵 (p-GaN) 材料上擴散層 210 表面，其中包含 V-型缺陷表面以研磨方式去除 p-型氮化鎵 (p-GaN) 材料上擴散層 210 表面的氮化矽，只留下 V-型缺陷 220 中的氮化矽 ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) 部分。或另外傾斜晶片，以乾式蝕刻去除在 p-型氮化鎵 (p-GaN) 材料上擴散層 210 表面氮化矽 ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) 材料，如此，V-型缺陷 220 的底部會殘留氮化矽，完成氮化矽填充在 V-型缺陷 220 的步驟。再以第一實施例的方式製作 n 型電極層 240 與 p 型



五、發明說明 (10)

電極層 230，完成此發光二極體之製作。

雖然本發明以較佳實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何熟悉此技藝者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可作各種之更動與潤飾，所作各種之更動與潤飾仍在申請專利範圍所界定者。





#### 圖式簡單說明

第一圖係依據習知半導體化合物之發光二極體裝置的結構圖。

第二圖係依據本發明第一實施例與第二實施例半導體化合物之發光二極體裝置的結構剖面圖。

第三圖係依據本發明第一實施例與第二實施例半導體化合物之發光二極體裝置的結構俯視圖。

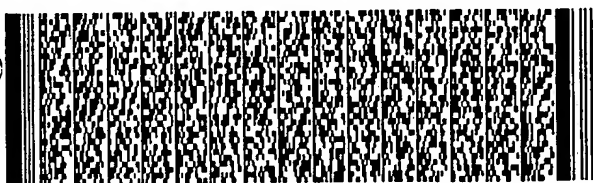
第四圖顯示穿透式電子顯微鏡 (transmission electron microscopy, TEM) 圖係 V-型缺陷 (V-shaped defect) 發生的剖面圖。

第五圖係製作本發明一種半導體化合物之發光二極體裝置的第一實施例。

第六圖係製作本發明一種半導體化合物之發光二極體裝置的第二實施例。

#### 【圖式編號說明】

- 100 基板
- 102 緩衝層
- 104 下覆蓋層
- 106 作用層
- 108 上包覆層 (cladding layer)
- 110 上擴散層
- 120 V-型缺陷 (V-shaped defect)



圖式簡單說明

- 200 基板
- 202 緩衝層
- 204 下覆蓋層
- 206 作用層
- 208 上包覆層 (cladding layer)
- 210 上擴散層
- 220 V-型缺陷 (V-shaped defect)
- 230 p型電極層
- 240 n型電極層
- 250 透明導電層 (transparent conducting layer, TCL)
  
- 510 材料
- 520 材料



## 六、申請專利範圍

1. 一種半導體化合物之光電元件裝置，包含：

一基板、一多重半導體化合物材料層所組成之光電元件結構；

並且，該光電元件結構包括：

至少一 V-型缺陷 (V-shaped defect)，該 V-型缺陷 (V-shaped defect) 係指一裂縫，該裂縫的位置係介於該多重半導體化合物材料層所組成之光電元件結構間；及

一填充物，該填充物係充滿該 V-型缺陷 (V-shaped defect)。

2. 如申請專利範圍第 1 項所述的裝置，其中該基板係為一單晶結構材料。

3. 如申請專利範圍第 1 項所述的裝置，其中該基板材料可為：矽 (Si)、鍺 (Ge)、砷化鎵 (GaAs)、磷化銦 (InP)、氮化鎵 (GaN)、碳化矽 (SiC) 或三氧化二鋁 ( $Al_2O_3$ )。

4. 如申請專利範圍第 1 項所述的裝置，其中該光電元件結構為一發光二極體結構。

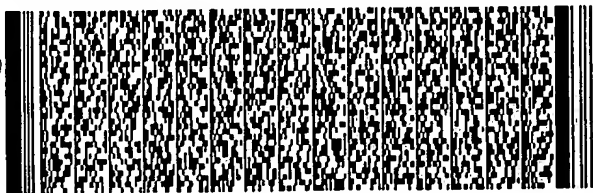
5. 如申請專利範圍第 1 項所述的裝置，其中該光電元件結構為一雷射二極體結構。


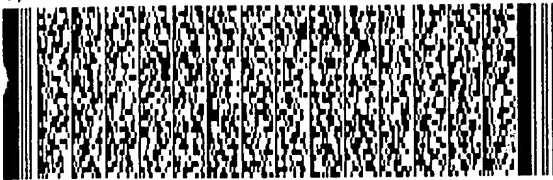
6. 如申請專利範圍第 1 項所述的裝置，其中該光電元件結構為一光檢測元件結構。



## 六、申請專利範圍

7. 如申請專利範圍第1項所述的裝置，其中該光電元件結構為一光波導元件結構。
8. 如申請專利範圍第1項所述的裝置，其中該光電元件結構為一太陽能電池元件結構。
9. 如申請專利範圍第1項所述的裝置，其中該填充物係一絕緣性有機材料。
10. 如申請專利範圍第9項所述的裝置，其中該有機材料係可為：聚醯亞胺 (polyimide)、環氧樹脂 (epoxy)、矽膠、塑膠或苯環丁烯 (Benzocyclobutene, BCB)。
11. 如申請專利範圍第1項所述的裝置，其中該填充物係一絕緣性無機材料。
12. 如申請專利範圍第11項所述的裝置，其中該無機材料係可為：  
二氧化矽 ( $\text{SiO}_2$ )、氮化矽 ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ )、氮化鈦 ( $\text{TiN}_1$ )、氮化鋁 ( $\text{AlN}$ )、氧化鋁 ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )、氧化鎂 ( $\text{MgO}$ )、氟化鈣 ( $\text{CaF}_2$ )、硫化鋅 ( $\text{ZnS}$ )及碳化矽 ( $\text{SiC}$ )。










**Figure 1.** A schematic diagram illustrating the experimental design. The figure shows a sequence of events starting from a subject's arrival at the laboratory. The subject is first familiarized with the task and then performs a series of trials. Each trial consists of a stimulus presentation phase followed by a response phase. The stimulus presentation phase involves the subject viewing a screen displaying a target location. The response phase involves the subject moving their hand to the target location. The diagram also indicates the timing of the stimulus presentation and the response phase relative to the subject's movement.



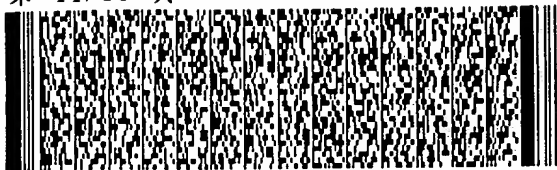
1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 2679, 26



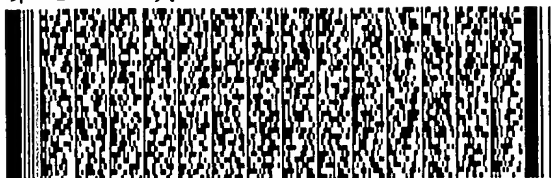
100



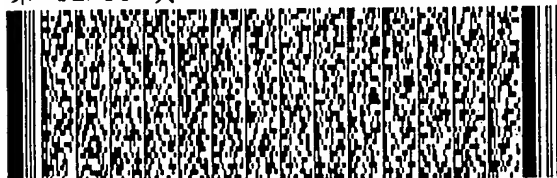
第 11/19 頁



第 12/19 頁



第 12/19 頁



第 13/19 頁



第 13/19 頁



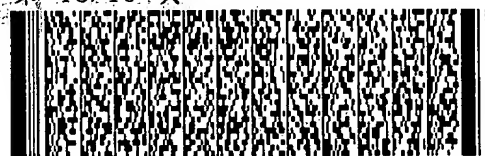
第 14/19 頁



第 14/19 頁



第 15/19 頁



第 16/19 頁



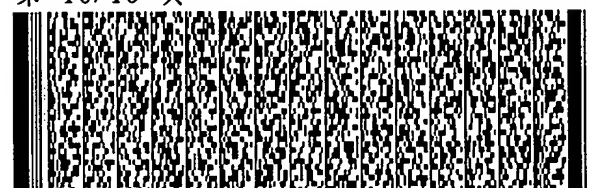
第 17/19 頁

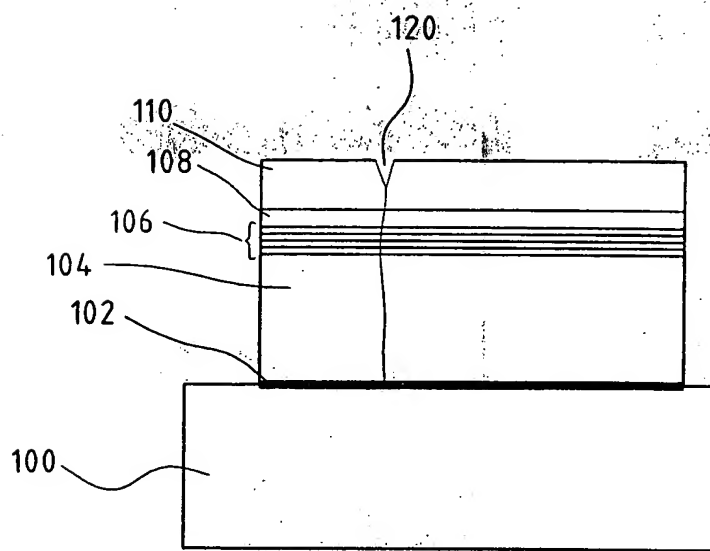


第 18/19 頁

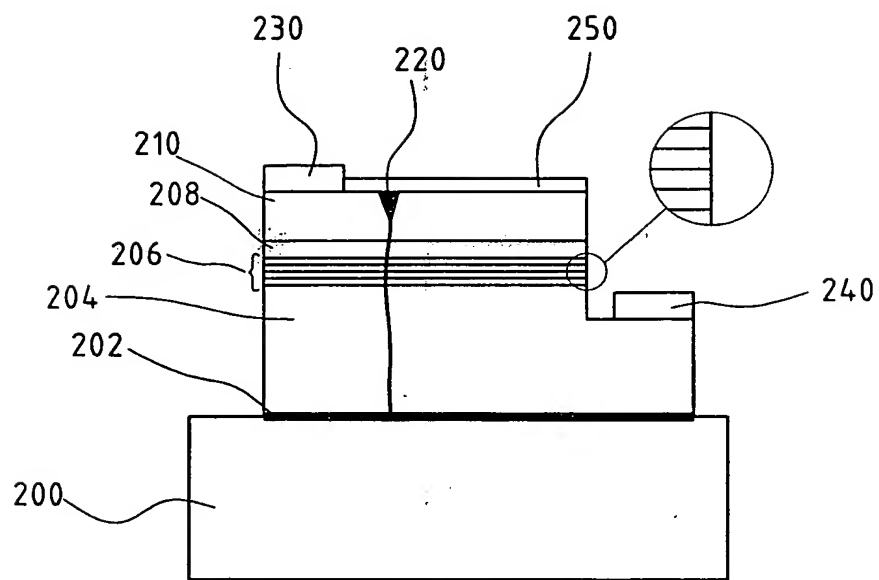


第 19/19 頁



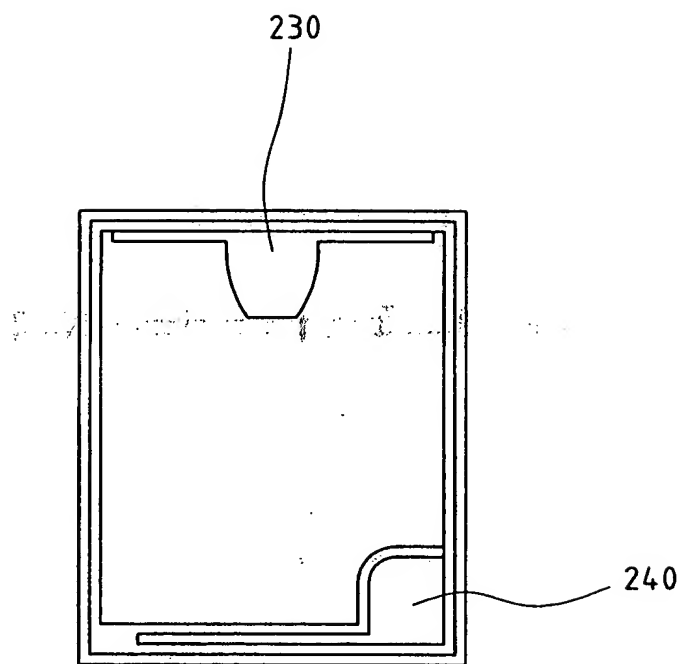


第一圖



第二圖



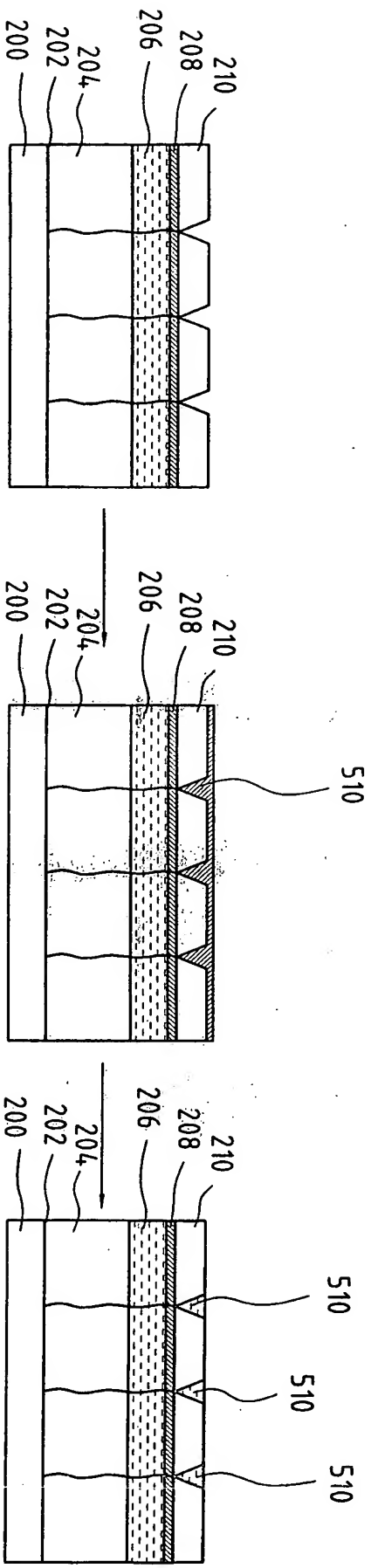


第三圖

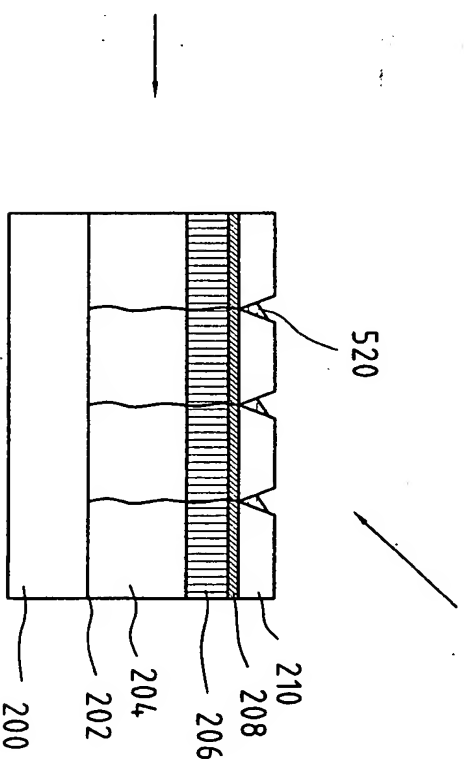
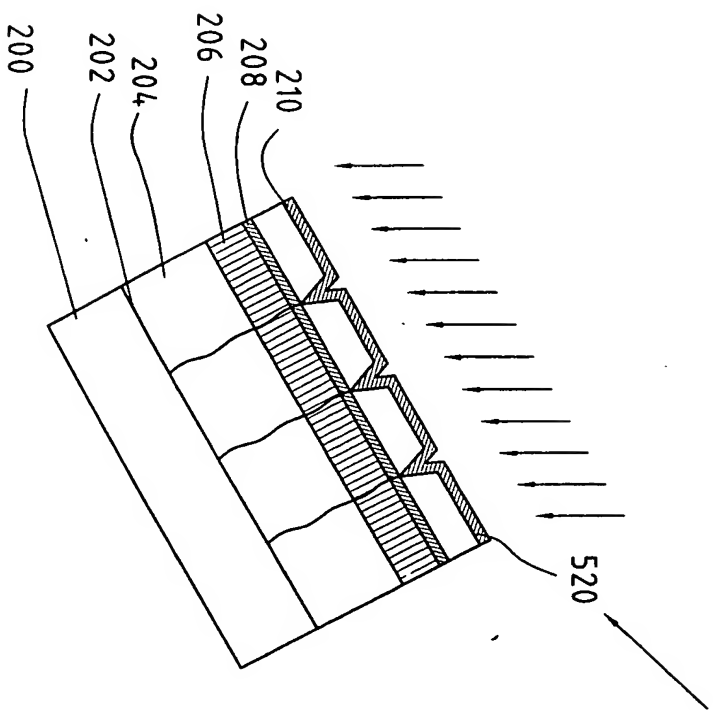
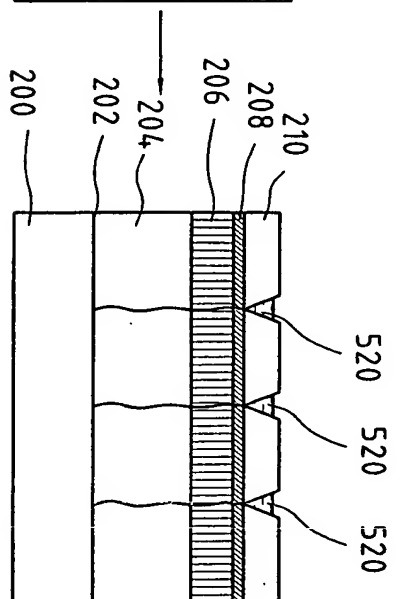
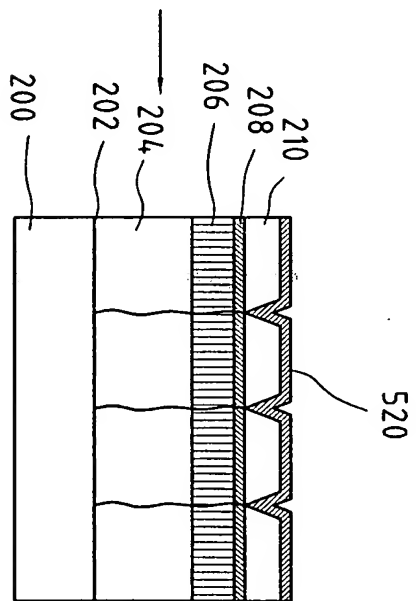
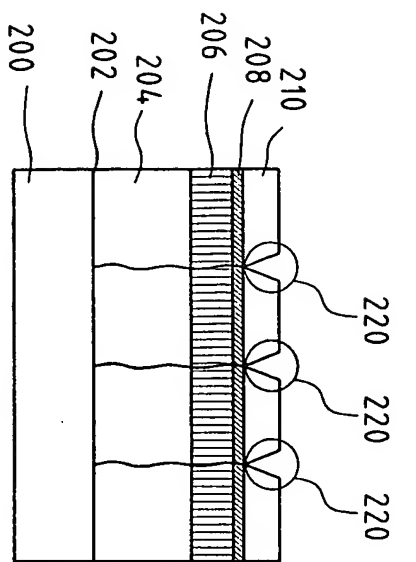


第四圖

BEST AVAILABLE COPY



第五圖



第六圖